

### Результат расчета аэродинамического демпфирования

Таким образом, используя данную методику, был произведен расчет аэродинамического демпфирования лопатки в программном комплексе ANSYS. По полученным результатам можно судить о склонности лопатки к возникновению флаттера еще на этапе её проектирования, что позволяет существенно снизить риск поломки во время работы и, тем самым, увеличить надежность и эффективность работы установки, улучшить ее экономические характеристики.

### Список использованных источников

1. Августинovich В. Г. Численное моделирование нестационарных явлений в газотурбинных двигателях: научное издание / В. А. Августинovich, Ю. Н. Шмотин [и др.] М. : Машиностроение, 2005. 536 с.
2. ANSYS CFX Help, Release 14.0 Ansys Inc., 2007.

УДК 669.184.15

Понаморов М. М., Картавец С. В.  
 Магнитогорский государственный технический университет  
 ponamoremikhail@mail.ru

## АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКОЙ РЕГЕНЕРАЦИИ В НАГРЕВАТЕЛЬНОЙ ПЕЧИ

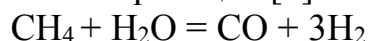
**Аннотация.** В работе рассмотрен вариант эффективной утилизации теплоты дымовых газов за методической печью с выработкой нового топлива. Произведен анализ влияния нового вида топлива на нагрев металла.

Решение задач энергосбережения на металлургическом предприятии как крупном потребителе электрической и тепловой энергии невозможно без разработки стратегии и основных направлений энергосбережения с обязательной координацией перспективного развития основного производства. Снижение энергозатрат достигнуто главным образом за счет реализации двух основных направлений энергосберегающей политики: развития собственных энергетических мощностей и максимально возможной утилизации вторичных энергоресурсов.

В последнее время предприятия отрасли испытывают постоянное давление со стороны естественных монополий в виде ограничений в поставке энергоресурсов с одновременным ростом цен на энергоносители, что снижает, при равных качественных показателях, конкурентоспособность металла [1]. Одним из основных продуктов, выпускаемых металлургическими предприятиями, является горячекатаный лист. Производство горячекатаного листа осуществляется в цехах горячей прокатки металла, состоящих из: печного отделения и отделения прокатного.

Рассмотрим печное отделение подробнее, в его состав входят: методические нагревательные печи осуществляющие нагрев металла с горячим либо холодным посадом, за методическими печами установлены котлы-утилизаторы и рекуператоры, которые утилизируют теплоту дымовых газов, посредством выработки пара и нагрева дутьевого воздуха. Использование пара на листопрокатных цехах металлургического предприятия практически не предусмотрено и используется в малом количестве, таким образом пар идет в промышленную паровую магистраль снижая эффективность утилизации теплоты дымовых газов. Расход покупного природного энергетического ресурса – природного газа, очень большой и поэтому, необходимы способы снижения его расхода, а также требуется замкнуть энергопотоки внутри листопрокатного цеха.

Одним из способов снижения расхода газа, а также эффективного использования пара на печном отделении цеха, можно рассмотреть химическую регенерацию теплоты дымовых газов посредством паровой конверсии природного газа. Паровая конверсия представляет собой смешение в равных объемах водяного пара и природного газа, данная смесь подвергается температурной обработке на уровне от 750 °С. Химическая реакция [2]:



Полученное новое топливо, называемое «синтез-газом» имеет лучшие характеристики в отличие от природного газа, большую температуру горения и большее значение теплоты сгорания.

Одним из важнейших вопросов при нагреве металла в печи является окалинообразование. По различным оценкам при нагреве металла с помощью природного газа окалина составляет 3-5 %. При большом выпуске предприятия, данная цифра может иметь значительный характер.

Исследования и расчеты паровой конверсии, дали результат, что теплота сгорания нового топлива составляет 45,2 МДж/м<sup>3</sup> и температура горения 1804 °С, вместо 35,4 МДж/м<sup>3</sup> и 1609 °С у природного газа. Основываясь на эти данные, можно предположить эффект ускоренного нагрева металла в печи, тем самым увеличить проходимость заготовок. Расчет нагрева заготовки с размерами 160 – 400 – 7000 мм, на двух видах топлива, дал результат, что общее время нагрева заготовки в печи снижается на 0,041 часа.

Также возможен вариант сохранения производительности печи и уменьшения потребления природного газа печью, в этом случае снижение расхода может достигать до 22,5 %, и будет зависеть от совершенства всех теплопотребляющих поверхностей, а также от реакции самой конверсии.

Расчет окалинообразования на той же заготовке, дал следующий результат: в виду меньшего объема окислителя в газовой среде печи, более высокой температуры горения синтез газа и меньшего времени нагрева в печи окалинообразование можно снизить на 0,21 кг с тонны.

Таким образом, использование паровой конверсии природного газа как одного из эффективных способов регенерации теплоты отходящих газов, может положительно повлиять на нагрев слабов в печи, снижая не только расход энергоресурса в виде природного газа, либо увеличивая производительность, но и уменьшая окалинообразование.

#### Список использованных источников

3. Никифоров Г. В. Энергосбережение на металлургических предприятиях / Г. В. Никифоров, Б. И. Заславец Магнитогорск : МГТУ, 2000. 283 с.
4. Семененко Н. А. Вторичные энергоресурсы промышленности и энерготехнологическое комбинирование / Н. А. Семененко. М.: Энергия, 1968. 296 с.
5. Мурзадеров А. В., Понаморов М. М., Картавцев С. В. Способы снижения потребления природного газа в металлургии // Евразийский союз ученых. 2015. № 7. С. 139-141.

УДК 621.165

Попова Е. С., Шемпелев А. Г.  
Вятский государственный университет  
ekaterina\_popova\_1993@list.ru

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ МОДЕРНИЗАЦИИ ТЕПЛОУТИЛИЗАЦИОННЫХ АППАРАТОВ ЗА СЧЕТ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИХ МЕТОДА ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА

**Аннотация.** В настоящей статье предлагается метод расчета конденсационных теплоутилизационных теплообменных аппаратов, разработанный с учетом реальных представлений об особенностях и закономерностях совместно протекающих процессов теплообмена и массообмена при конденсации водяного пара из парогазовых смесей с большим содержанием неконденсирующихся газов. Особенностью метода является позонный тепловой расчет теплообменных поверхностей. Применение метода позволяет существенно повысить точность расчета.

В настоящее время в отрасли коммунальной теплоэнергетики сложилась напряженная ситуация, обусловленная, с одной стороны, дефицитом и все воз-